

Traitements technologiques et valeurs nutritionnelles des protéines alimentaires

Biochimie de la Nutrition
2021-2022

Dr. NAAS H.



Introduction

La qualité d'un aliment est le reflet de ses qualités alimentaires (qualités hygiénique, qualités d'usage et de service, qualités nutritionnelle et organoleptique).

Les technologies appliquées à l'aliment, domestiques ou industrielles, ont comme objectif :

- ❖ d'améliorer un ou plusieurs de ces facteurs sans en altérer les autres
- ❖ Elles assurent la qualité et la stabilité hygiéniques,
- ❖ Elles participent aussi au développement des caractéristiques organoleptiques (arômes, goût, couleur, texture).

Concernant la qualité nutritionnelle, les effets sont variables selon les nutriments considérés:

- si des traitements modérés produisent des effets positifs (augmentation de la digestibilité, destruction des facteurs antinutritionnels ou toxiques),
- les traitements plus intenses ou mal contrôlés peuvent conduire à une altération de la valeur nutritionnelle de l'aliment et à l'apparition de dérivés toxiques.

Objectifs des traitements technologiques

Stabilisation

- Congélation
- Surgélation
- Blanchiment
- Pasteurisation
- Stérilisation
- Lyophilisation



Transformation

- Cuisson | eau
vapeur
micro-ondes
- Friture
- Cuisson-extrusion
- Grillage
- Torréfaction

Les procédés de fabrication, doivent assurer au moins 4 dimensions caractéristiques :

- la sécurité sanitaire,
- les exigences de naturalité et de sensoriel,
- les caractéristiques nutritionnelles,
- leur empreinte écologique. .



Différentes stratégies peuvent être mises en œuvre :

- Eliminer les microorganismes : soit détruire ou inactiver les microorganismes et enzymes par un traitement physique, classiquement thermique, mais aussi hautes pressions, champs électriques pulsés,... (par microfiltration);
- Modifier les conditions physico-chimiques pour rendre le produit moins vulnérable : diminution de la température et de l'activité de l'eau , augmentation de l'acidité, ou création d'autres conditions défavorables (oxygène, agents anti-bactériens...).

Les industries agro-alimentaires vont souvent combiner différents facteurs ou traitements afin d'avoir la même efficacité antimicrobienne pour une intensité plus faible de chacun des traitements ou facteurs.

Les principaux types de traitements utilisés

thermiques

alcalins, acides

oxydants

les très hautes pressions

ionisants

des champs électriques pulsés

les traitements thermiques sont

la cuisson

à l'eau

à la vapeur

friture

au four

au four à micro-ondes

grillage

à la poêle

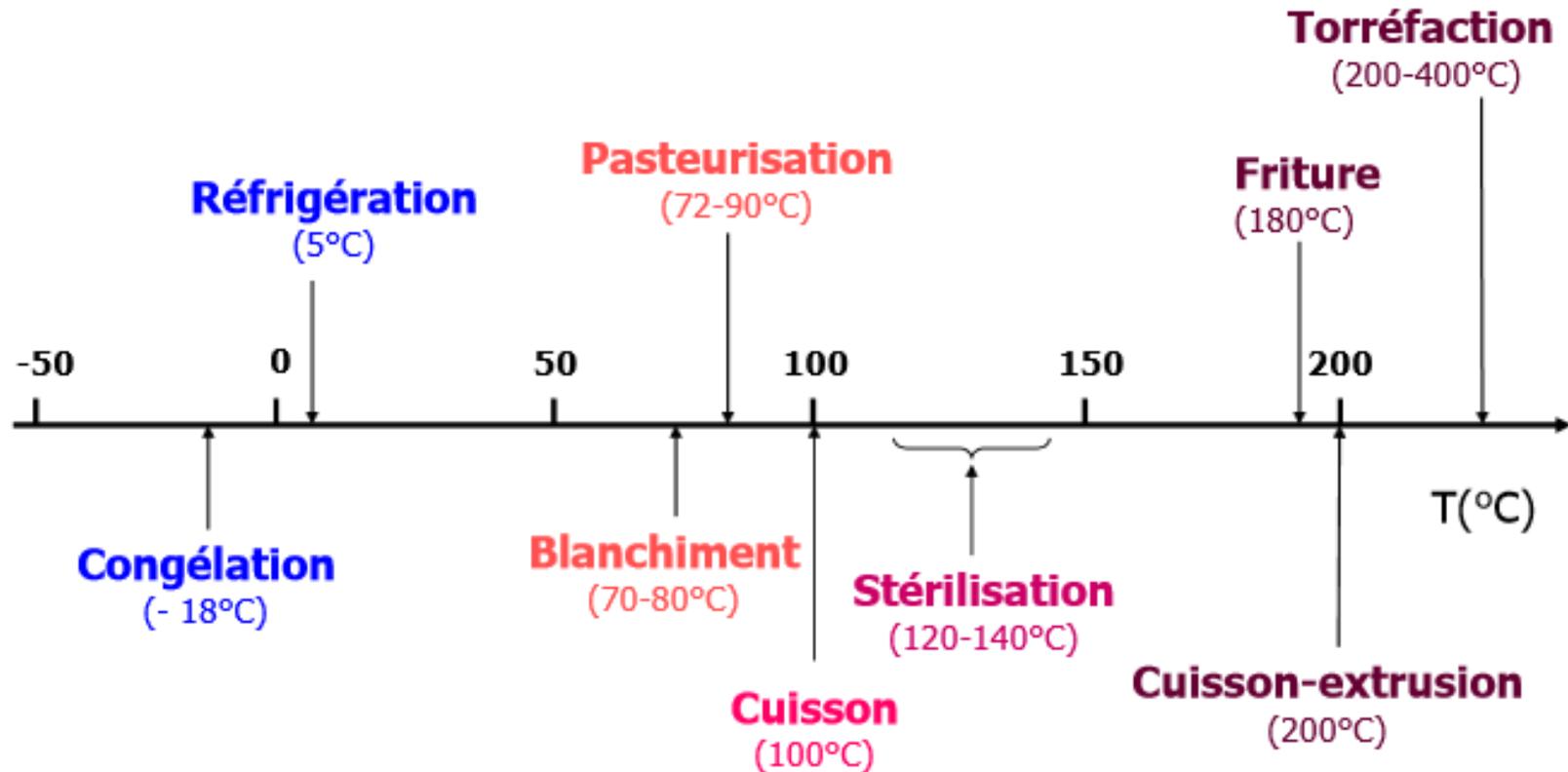
la pasteurisation

la stérilisation

Des dégradations de même type sont observées lors d'une conservation prolongée des aliments mais les vitesses de dégradation sont beaucoup plus lentes.

Traitements technologiques-Classification

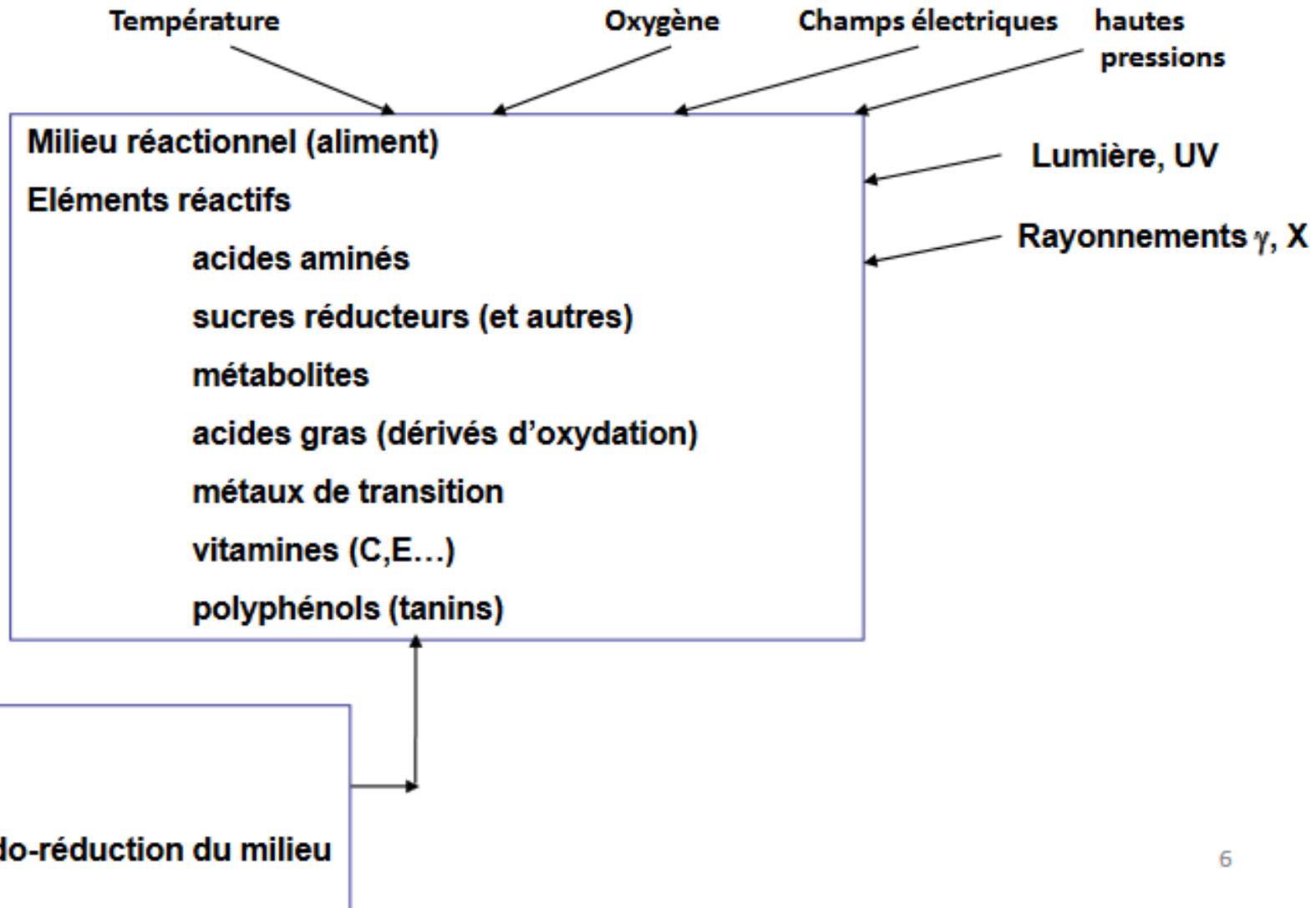
Influence du couplage (T° , t , A_w)



Les traitements technologiques

Nature des agents physiques et chimiques

Éléments intervenants dans les modifications des produits



Les traitements thermiques domestiques et industriels

-La cuisson à basse température doit être très longue pour dénaturer le collagène...

-la cuisson à l'eau

La température ne dépasse pas 100 C

-la cuisson à la vapeur

à pression atmosphérique normale, la température ne peut pas dépasser 100 C

dans un autocuisseur, sous pression

la température se situe entre 110 et 120 C (selon la pression réglée par la soupape de sécurité).

-la cuisson au four

la cuisson se fait entre 160 C et 220 C.

La réaction de Maillard et la synthèse des arômes ne se produit de façon importante qu'en surface...

La température de la mie du pain ne dépasse pas 100 C.

-la cuisson à la poêle

-la friture

La cuisson est effectuée dans l'huile à 160 C environ...

-la cuisson au four à micro-ondes

Lorsqu'elle est réalisée à la pression atmosphérique (ce qui est le plus courant en dehors des laboratoires), la température ne dépasse pas 100 C. La température au centre du produit monte très rapidement alors qu'avec les modes de cuissons traditionnels, elle diffuse de la surface vers le cœur.

Pasteurisation

exemple: le lait

traitement thermique entre 72 et 75 °C pendant 15 à 30 secondes

ce traitement est sans conséquence sur le plan nutritionnel

Stérilisation

lait UHT: traitement à une température supérieure ou égale à 135 °C pendant au minimum 1 seconde

lait stérilisé : traitement à 110 °C pendant 20 à 30 minutes

Le lait acquiert dans ces cas un goût de cuit.

Des modifications chimiques apparaissent dans les deux cas, elles sont plus importantes dans le second..

Il faut rappeler qu'il est possible de procéder dans le cas des liquides, à une filtration stérilisante. Dans ce cas, les traitements thermiques sont évités. Le procédé est complexe...

La lyophilisation et la congélation ont peu d'effets sur la composition des produits.

Généralement les aliments contenant des protéines subissent plusieurs traitements thermiques mais les plus utilisés restent :

Stérilisation, appertisation, pasteurisation.

Réduction de la teneur en eau : Séchage, évaporation, salage, concentration.

Ces traitements peuvent influencer la qualité nutritionnelle de l'apport en protéines par dénaturation de celles-ci.

Quant à la digestibilité des protéines, elle est modifiée ; ce qui réduit le taux d'absorption des protéines ou acides aminés ingérés.

Les effets des traitements thermiques

Positifs

Goût

Synthèse de substances aromatiques

Valeur nutritionnelle

Destruction des facteurs antinutritionnels de nature protéique -Inhibiteurs d'enzymes (protéases, d'amylase)-
d'où une amélioration de la digestibilité

Dénaturation des protéines

Amélioration de la digestibilité

des protéines végétales

des protéines animales riches en collagène

Qualité sanitaire

Destruction des micro-organismes

Destruction des toxines d'origine bactérienne

Augmentation de la durée de conservation des aliments (pasteurisation, stérilisation)

Autres

Synthèse d'anti-oxydants. Certains composés issus de la réaction de Maillard ont des propriétés anti-oxydantes. Exemple, ils améliorent la conservation des biscuits (en inhibant le rancissement des graisses).

Synthèse de produits bactéricides?

Négatifs

formation de liaisons non peptidiques intra et intermoléculaires

baisse de la digestibilité

baisse de la valeur nutritionnelle du fait de la destruction d'acides aminés essentiels

synthèse de nouveaux composés (=composés néoformés)

Les traitements thermiques plus sévères provoquent :

- la destruction des acides aminés
- la désulfuration de la cystéine
- la désamination des acides aminés avec apparition de NH_3 (provenant en particulier de la glutamine et de l'asparagine).

en présence d'oxygène

- oxydation de la cystéine, de la méthionine
- la destruction du tryptophane
- glycoxydation

traitement en milieu alcalin ou à une température supérieure à 200 °C

- hydrolyse des liaisons peptidiques
- la synthèse de liaisons isopeptidiques
- l'isomérisation des acides aminés (apparition de D-aspartate, de D-proline...)
- synthèse de produits de pyrolyse.

Le traitement par la chaleur et la cause majeure des changements de propriétés nutritionnelles des aliments avec comme conséquences :

- L'amélioration de la digestibilité
- La destruction des facteurs antinutritionnels
- Ou à l'opposé la destruction des vitamines thermolabiles ou la réduction de la valeur biologique des protéines, ou l'activation de l'oxydation de la valeur biologique des protéines, ou l'activation de l'oxydation des lipides.

L'oxydation est la seconde cause importante des changements nutritionnels dans les aliments. Ceci a lieu lorsque l'aliment est exposé à l'air, ou comme résultat de l'action de la chaleur ou des enzymes oxydatives.

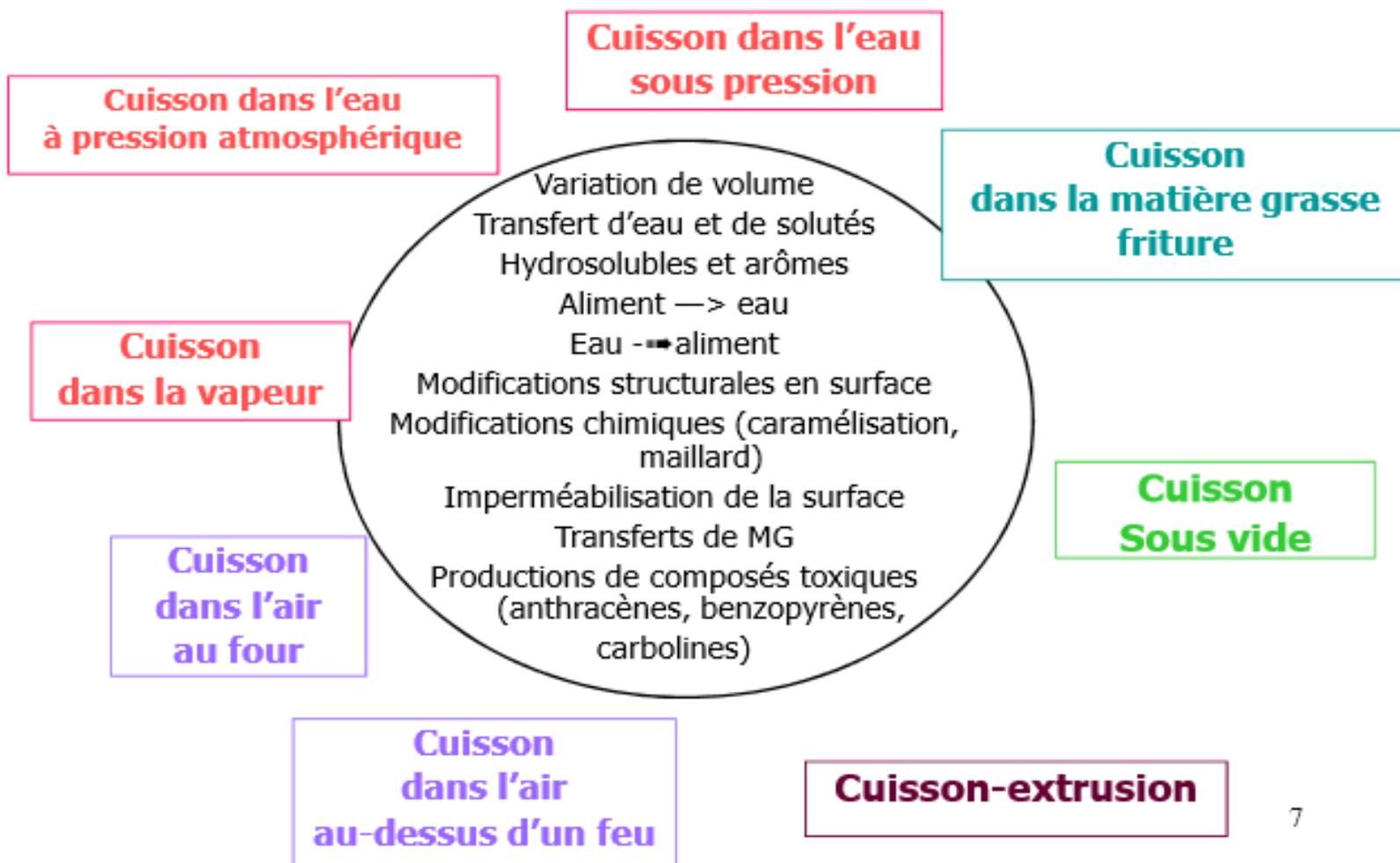
L'importance des pertes de nutriments durant la transformation dépend de la valeur nutritionnelle d'un aliment dans le régime alimentaire. Certains aliments constituent une importante source de nutriments pour un grand nombre de la population les pertes en ces nutriments sont alors plus significatives dans ces aliments que dans ceux qui sont consommés en petites quantités ou ceux qui ont une faible concentration en ces nutriments

Traitements thermiques- incidences nutritionnelles

	Fibres	Amidon	Prot	Lip	Minéraux	Vitamines
Congélation (-18°C)	-	+	-	+	-	-D
Réfrigération (5°C)	-	-	-	+	-	-D
Entreposage (20°C)	-	-	-D	+D	-	+D
Lavage à l'eau (20°C)	-	-	--	-	+D	D
Blanchiment à l'eau (70°C)	-	F	F	-	+D	D
Cuisson sous vide (70°C)	-	F	F	-	+D	+D
Cuisson à l'eau (100°C)	-	F	F	-	+D	D
Micro-ondes	-	F	F	-	+	D
Cuisson vapeur (107°C)	-	F	F	-	-	+D
Pasteurisation (80°C)	-	F	F	-	-	+
Atomisation (80°C)	-	+	+	-	-	+D
Stérilisation (120-140°C)	+	F	+D	+	+D	D
Séchage cylindre (130°C)	+	F	D	+	-	D
Cuisson extrusion (200°C)	+	F	D	+D	-	D
Friture (200 °C et +)	+	F	D	D	-	D
Grillage (300°C et +)	+	D	D	D	-	D

- Pas d'effet; + effet moindre; D ou F: effets défavorables ou favorables sur QN

Les procédés de transformation par cuisson et leurs effets



La qualité des protéines

- ❖ Protéine de haute qualité nutritionnelle: protéine contenant les 9 acides aminés indispensables dans des proportions suffisantes pour couvrir les besoins de l'espèce humaine
- ❖ Protéine de qualité moindre: protéine déficiente en un ou plusieurs des 9 acides aminés essentiels

Qualité nutritionnelle des protéines

La qualité d'une protéine dépend de sa capacité à fournir l'azote et les acides aminés. Son évaluation *in vivo* passe par **des approches biochimiques ou physiologiques** permettant d'étudier différents critères, tels que la composition en acides aminés indispensables, la digestibilité, la biodisponibilité des acides aminés, leur utilisation anabolique et leur impact sur les pools protéiques de l'organisme.

Incidence des traitements technologiques sur la qualité nutritionnelle des protéines

- ❖ Dénaturation
- ❖ Modifications des résidus d'acides aminés
- ❖ Interactions protéines- protéines
- ❖ Interactions protéines- substances non protéiques

Incidences des traitements industriels sur les protéines

Beaucoup de traitements ont des effets favorables sur la valeur nutritionnelle des protéines. Cependant des modifications défavorables apparaissent parfois. Dans la majorité des cas, elles se traduisent par une diminution des teneurs en acides aminés indispensables ou par la formation de substances anti-nutritionnelles ou toxiques.

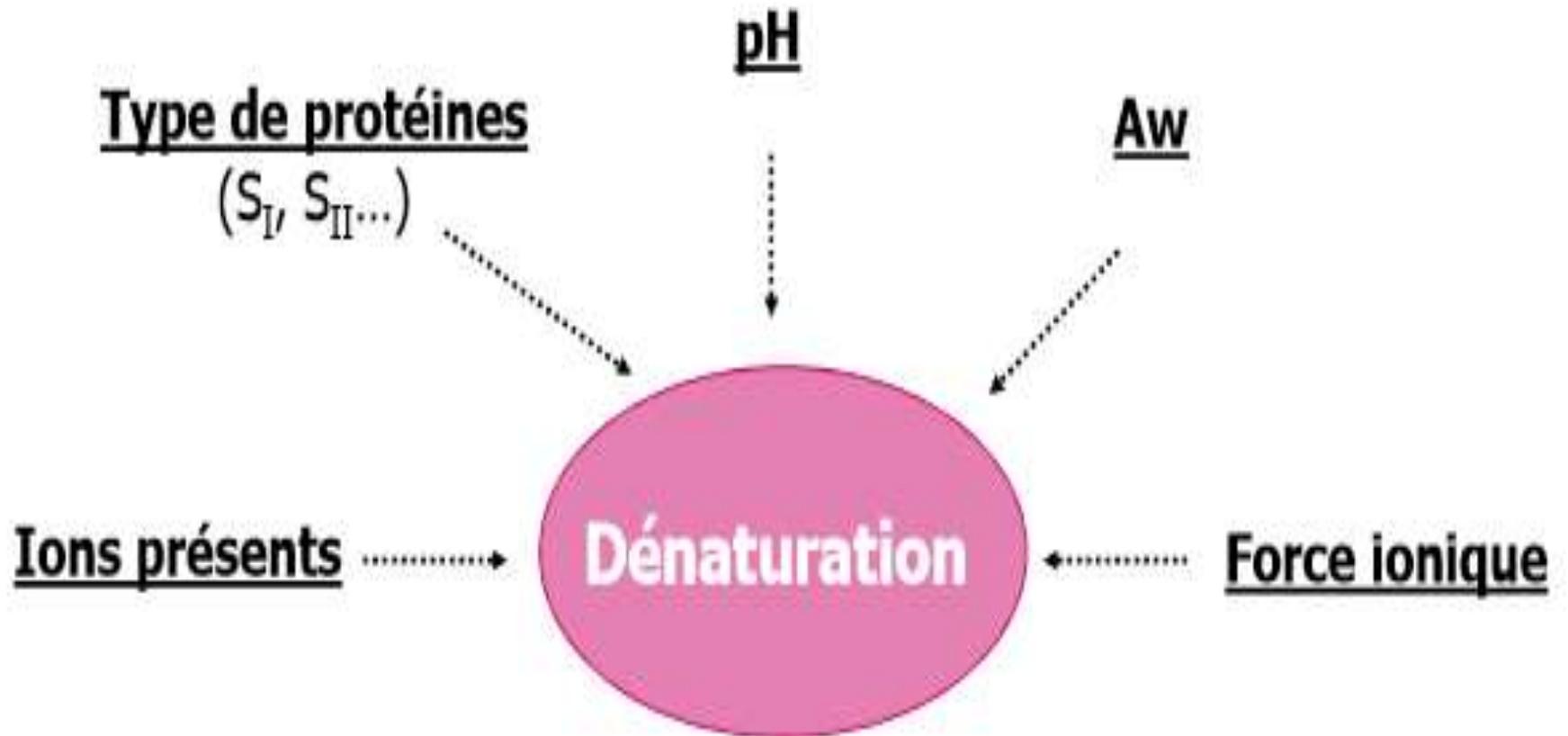
La cuisson d'aliments riches en protéines conduit à leur dénaturation, c'est-à-dire à des modifications de la forme des molécules protéiques (la structure secondaire et tertiaire des protéines), qui n'affectent pas la chaîne d'acides aminés elle-même (la structure primaire). Cette dénaturation conduit à l'arrêt de l'activité biologique de la protéine et améliore sa valeur nutritionnelle de plusieurs façons. D'abord on peut citer l'augmentation de la digestibilité du collagène (viande à cuisson longue) et de l'ovalbumine (blanc d'œuf). Ensuite, l'inactivation des protéines anti-nutritionnelles de certaines légumineuses (soja, arachide, haricots..) : les phytohémagglutinines. En dernier, l'inactivation d'une autre catégorie de protéines, les

enzymes, qui ont de nombreux effets défavorables sur les nutriments (lipases, protéases....)

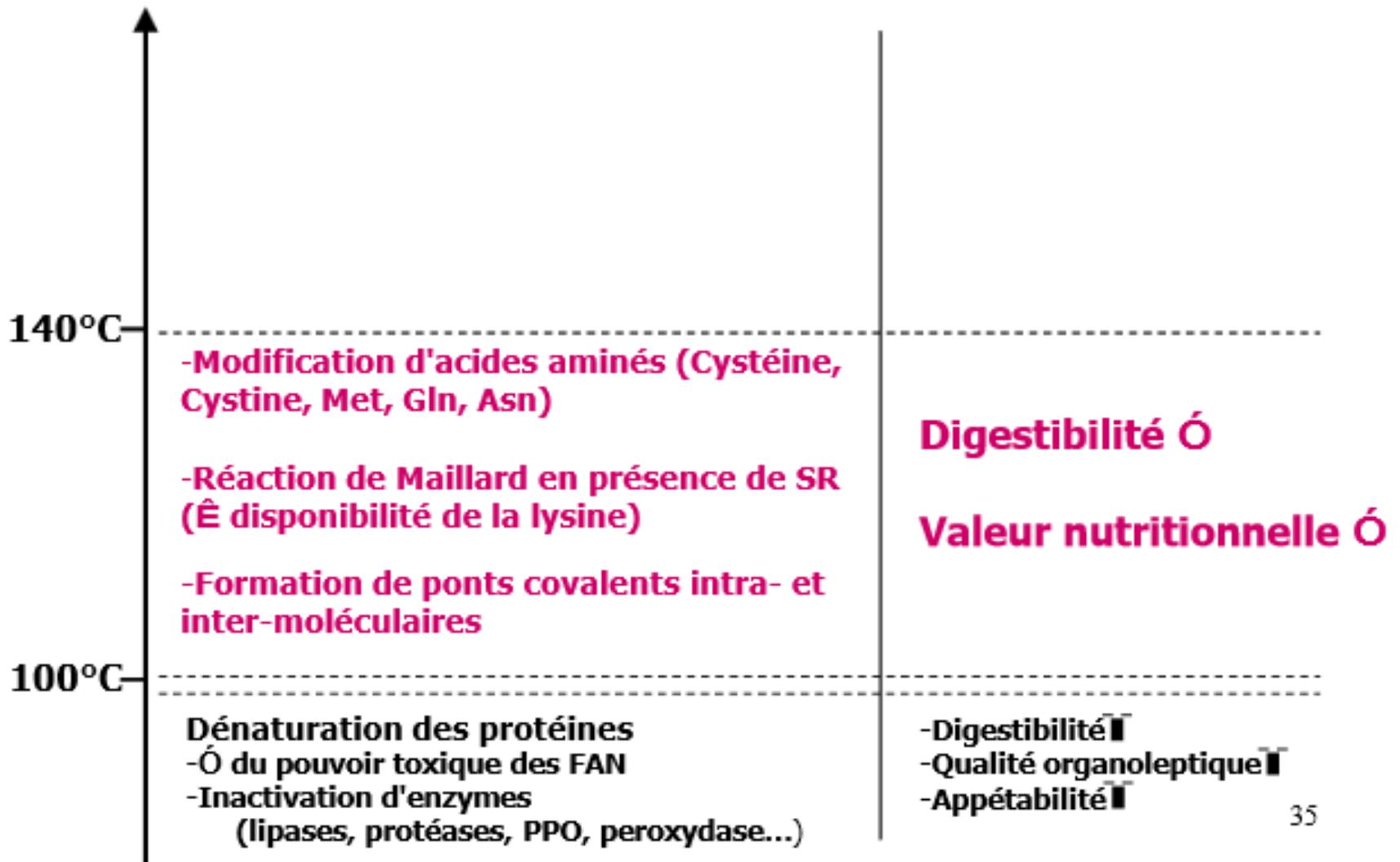
Le chauffage d'un aliment protéique en présence de sucres réducteurs comme le glucose, le lactose ou le fructose conduit au brunissement de cet aliment par les réactions dites de Maillard. Leurs conséquences nutritionnelles sont nombreuses : perte de disponibilité de la lysine, apparition de composés antinutritionnels, mais des substances antioxydantes sont également formées.

Ces réactions sont d'autant plus fortes que la température est élevée et se produisent surtout dans les aliments semi-humides. Elles provoquent aussi des modifications de goût et de couleur appréciées et même recherchées pour un grand nombre de produits (biscuits, viande rôtie). Les traitements thermiques à température élevée (entre 100 et 200°C) comme la stérilisation ou la cuisson au four ou sur le feu provoquent la destruction des acides aminés, d'où une baisse de la valeur nutritionnelle de la protéine

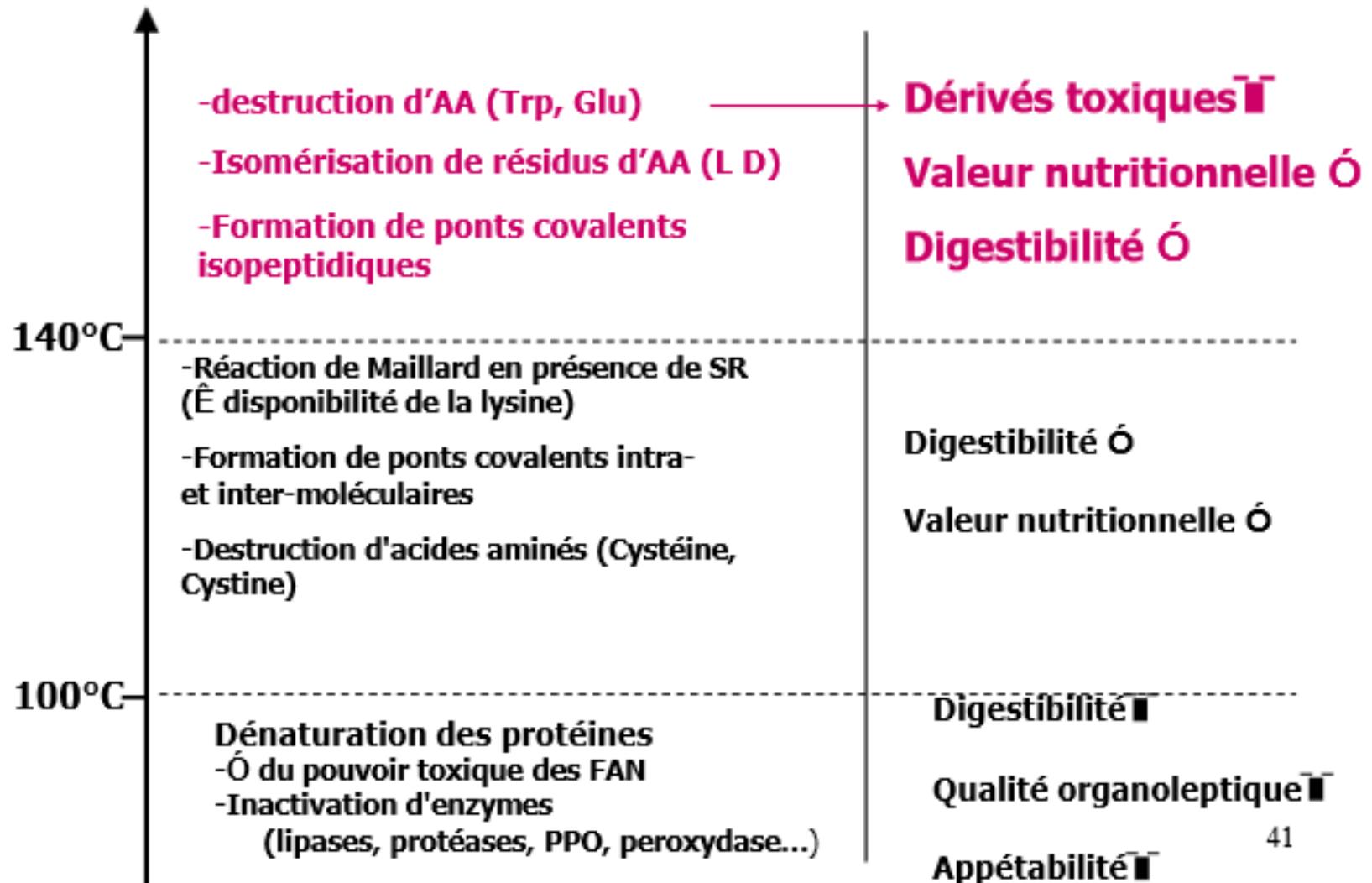
Facteurs influant sur la dénaturation des Protéines



Incidences des traitements sur la QN des Protéines



Incidences des traitements sur la QN des Protéines



Evaluation des conséquences nutritionnelles et toxicologiques induites par les traitements technologiques sur les protéines

Approche nutritionnelle

- Analyse chimique (dosage des acides aminés, détermination de l'indice chimique)
- Evaluation de la digestibilité
- Evaluation de la valeur nutritionnelle
- Etude des principaux paramètres sanguins
- Etudes des adaptations du tube digestif
- Dosage des enzymes intervenant dans les processus de détoxication

Etude pharmacologique

- Etude du métabolisme des composés néoformés
- Etude sur les systèmes cardiovasculaire, respiratoire, endocrinien, immunitaire, sur la reproduction

Enquêtes épidémiologiques

- Etudes des relations entre l'alimentation, les modes de préparation des aliments et les grandes pathologies (cancers, maladies cardiovasculaires, obésité.....)

Etudes toxicologiques : tests de

- Tératogenèse
- Carcinogenèse
- Mutagenèse

Etudes sur le comportement

Les méthodes utilisées par les nutritionnistes

Méthodes in vivo (voir cours sur les protéines)

Elles impliquent l'utilisation d'animaux pour les expériences, en général, il s'agit de rats

Mesure de la digestibilité ou Coefficient d'Utilisation Digestive (CUD)

Mesure de la valeur nutritionnelle des protéines

Coefficient d'Efficacité Protéique(CEP)

Valeur Biologique (VB)

Utilisation protéique nette (UPN)

Ces études sont complétées par :

-l'étude des adaptations enzymatiques du tube digestif

-dosage des principaux paramètres sanguins (glycémie, cholestérolémie (cholestérol lié aux HDL et LDL), urée, acide urique, transaminases, γ -glutamyltransférase,...

- dosages des enzymes de détoxification (des phases I et II), éventuellement NF-kB... etc...(récepteurs nucléaires...)

-pesée des organes

-histologie (intestin, foie, reins)

l'analyse des effets sur les molécules qui interviennent dans la régulation de l'expression des gènes n'est pas encore très répandue

Les études épidémiologiques

Les études effectuées par Sugimura sur les japonais émigrés au USA ont permis de progresser les effets cancérigènes sur des produits néoformés lors de la cuisson sur gril ...

La découverte de produits toxiques dans les aliments peut être tout à fait fortuite et involontaire, c'est le cas de l'acrylamide dosée tout à fait par hasard dans des chips par des techniciens qui manquaient d'échantillons...

Les études de toxicologie

elles sont très longues et très coûteuses.

Il s'agit des études de

toxicologie aiguë et chronique (cf pharmacologie)

mutagenèse

il faut rappeler que tous les composés mutagènes ne sont pas obligatoirement cancérigènes. De même, les produits cancérigènes peuvent être peu mutagènes.

tératogenèse

Elle inclut des études

sur la reproduction (capacité des mâles et des femelles à se reproduire)

sur la gestation

nombre (morts et vivants) et poids de petits

nombre de résorptions fœtales

recherches de malformations (par des coupes sériées)

malformations des yeux, fente palatine

malformations du cœur et des poumons

malformations des reins

malformations de l'appareil uro-génital

la lactation

croissance des petits